

⑫ 公開特許公報(A) 平4-14917

⑤ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)1月20日

H 04 B 10/16
3/369199-5K
8426-5K

H 04 B 9/00

J

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全14頁)

⑭ 発明の名称 光中継伝送方式

⑯ 特 願 平2-117771

⑰ 出 願 平2(1990)5月9日

⑱ 発 明 者 榎 孝 徳 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑲ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

⑳ 代 理 人 弁理士 松 本 昂

明 細 書

1. 発明の名称

光 中 継 伝 送 方 式

2. 特許請求の範囲

1. 両端局(1,2)を結ぶ光ファイバ(3)の経路に、光信号をそのまま直接増幅する複数の光直接増幅中継器(10A~10N)を介装し、該両端局(1,2)の一方の端局(1)から送信され、該光ファイバ(3)を伝送する光信号の主信号に振幅変調により重畳されたパイロット信号によって、該複数の光直接増幅中継器(10A~10N)のゲインを制御しながら、該光ファイバ(3)を介して他方の端局(2)へ光信号を伝送する光中継伝送方式において、

前記両端局(1,2)に、前記複数の光直接増幅中継器(10A~10N)と同数の、周波数がそれぞれ異なる複数のパイロット信号を発生するパイロット信号発生手段(1a,2a)を設け、

該複数の光直接増幅中継器(10A~10N)に、それ

ぞれの周波数通過帯域幅が異なり、各々の周波数通過帯域幅が、該複数のパイロット信号の周波数のいずれかに対応したバンドパスフィルタ(16a~16n)を設け、

該複数の光直接増幅中継器(10A~10N)の内、所望の光直接増幅中継器(10A~10N)のゲインを、そのバンドパスフィルタ(16a~16n)を通過するパイロット信号によって制御することを特徴とする光中継伝送方式。

2. 両端局(1,2)を結ぶ光ファイバ(3)の経路に、光信号をそのまま直接増幅する複数の光直接増幅中継器(30A~30N)を介装し、該両端局(1,2)の一方の端局(1)から送信され、該光ファイバ(3)を伝送する光信号の主信号に振幅変調により重畳されたパイロット信号によって、該複数の光直接増幅中継器(30A~30N)のゲインを制御しながら、該光ファイバ(3)を介して他方の端局(2)へ光信号を伝送する光中継伝送方式において、

前記両端局(1,2)に、前記複数の光直接増幅中継器(30A~30N)と同数の、周波数がそれぞれ異な

る複数のパイロット信号と、該複数のパイロット信号の周波数と異なる周波数を有する単一パイロット信号とを発生するパイロット信号発生手段を設け、

該複数の光直接増幅中継器(30A~30N)に、それぞれの周波数通過帯域幅が異なり、各々の周波数通過帯域幅が、該複数のパイロット信号の周波数のいずれかに対応したバンドパスフィルタ(16a~16n)を設けると共に、単一パイロット信号の周波数に対応した周波数通過帯域幅を有する共通バンドパスフィルタ(31)をそれぞれ設け、

該複数の光直接増幅中継器(30A~30N)の内、所望の光直接増幅中継器(30A)のゲインを、そのバンドパスフィルタ(16a)を通過するパイロット信号によって制御すると共に、該複数の光直接増幅中継器(30A~30N)のゲインを、前記共通バンドパスフィルタ(31)を通過する単一パイロット信号によって共通に制御することを特徴とする光中継伝送方式。

3. 前記共通バンドパスフィルタ(31)を具備し

た共通光直接増幅中継器(40)と、

前記光直接増幅中継器(30A~30N)とを任意に組み合わせて前記両端局(1,2)を結ぶ光ファイバ(3)の経路に介装したことを特徴とする請求項2記載の光中継伝送方式。

4. 周波数通過帯域幅が同一のバンドパスフィルタ(16a~16n)を有する前記光直接増幅中継器(30A~30N)を複数個づつ連続して接続したことを特徴とする請求項2記載の光中継伝送方式。

5. 前記光直接増幅中継器(10A~10N, 30A~30N, 40)に、両端局(1,2)の一方の端局(1)から送信される監視系信号を直流信号に変換するD/A変換手段(21a)を設け、

このD/A変換手段(21a)により変換される直流信号を、光直接増幅中継器(10A~10N, 30A~30N, 40)のゲインを制御するゲイン制御手段(19)に入力し、

該ゲイン制御手段(19)自体のゲインを制御することによって光直接増幅中継器(10A~10N, 30A~30N, 40)のゲインを制御することを特徴とする請

求項1~4のいずれかに記載の光中継伝送方式。

6. パイロット信号の変調度を、前記両端局(1,2)に設置された表示装置(50)に表示させることを特徴とする請求項1~4のいずれかに記載の光中継伝送方式。

3. 発明の詳細な説明

目次

概 要

産業上の利用分野

従来の技術

発明が解決しようとする課題

課題を解決するための手段

作 用

実 施 例

発明の効果

概 要

光信号をそのまま直接増幅する光直接増幅中継器を用いた光中継伝送方式に関し、

各中継器に光直接増幅中継器を用い、そのゲインを個々に制御可能にして、全ての光直接増幅中継器のゲインを所望のゲインにすることにより、余計な電力消費を防止し、ランニングコストを下げる事ができると共に、信号劣化を防止して適正な信号を伝送することができる光中継伝送方式を提供することを目的とし、

両端局を結ぶ光ファイバの経路に、光信号をそのまま直接増幅する複数の光直接増幅中継器を介装し、該両端局の一方の端局から送信され、該光ファイバを伝送する光信号の主信号に振幅変調により重畳されたパイロット信号によって、該複数の光直接増幅中継器のゲインを制御しながら、該光ファイバを介して他方の端局へ光信号を伝送する光中継伝送方式において、前記両端局に、前記複数の光直接増幅中継器と同数の、周波数がそれぞれ異なる複数のパイロット信号を発生するパイロット信号発生手段を設け、該複数の光直接増幅中継器に、それぞれの周波数通過帯域幅が異なり、各々の周波数通過帯域幅が、該複数のパイロット

信号の周波数のいずれかに対応したバンドパスフィルタを設け、該複数の光直接増幅中継器の内、所望の光直接増幅中継器のゲインを、そのバンドパスフィルタを通過するパイロット信号によって制御するように構成する。

産業上の利用分野

本発明は、光信号をそのまま直接増幅する光直接増幅中継器を用いた光中継伝送方式に関する。

光中継伝送方式は、例えば光海底ケーブル通信に適用される。海底における光中継伝送方式は、通信衛星あるいは従来の短波による無線通信の伝送品質と比較して、雑音、遅延時間の点で優れており、機密が保持できることから国際間及び国内通信手段として広く採用されており、従来の同軸ケーブルに比較して伝送容量の大きい光ファイバケーブルを使用している。また、増幅手段として光直接増幅中継器を適用した光中継伝送方式も提案されている。

このような光中継伝送方式は、両端の端局を接

接増幅する光直接増幅中継器4Aを、第13図に示す中継器4の代わりに用いた光中継伝送方式が知られている。

第14図を参照して光直接増幅中継器4Aの構成を説明する。

光直接増幅中継器4Aは、入力される光信号P Sinを、合波器11を介して増幅を行うエルビウムドープファイバ(EDFA)13と、増幅された光信号を分波器14を介して出力する際に、その出力される光信号P Soutの波形振幅を一定に保持するためのフィードバック系の回路とから構成されている。

ここで、端局1又は2から出力される光信号P Sinについて説明しておく。この光信号P Sinは第15図のスペクトル図に示すように、主信号f。(搬送波)と、主信号f。にパイロット信号f_pを振幅変調により重畳した主信号制御パイロット信号Pと、主信号f。に応答信号f_{rs}を振幅変調により重畳した監視系応答信号SVRESと、主信号f。に監視系信号f_{sv}を振幅変調に

続する光ファイバ伝送路に複数の中継器を介装して構成されているが、その介装された中継器のゲインが、それぞれ個別に変化することが多いので、所望の中継器のゲインのみを変化させることのできる光中継伝送方式が要望されている。

従来の技術

従来の光中継伝送方式は、第13図に示すように、両端局1、2を接続する光ファイバ3の間に、複数の中継器4、4、…を一定間隔で介装して構成し、一方の端局1から光信号を送信し、この光信号を中継器4で増幅しながら他方の端局2へ光信号を伝送していた。

上述した中継器4の構成としては、例えば光ファイバ3によって伝送されてきた光信号を、フォトダイオードによって電気信号に変換し、電子増幅器により信号を増幅した後、半導体レーザ等によって、光信号に変換して、光ファイバ3に再び送り出すといったものが一般的である。

また、他の従来例として、光信号をそのまま直

より重畳した監視系監視信号SVとから成っている。

次に、第14図に戻り光直接増幅中継器4Aの構成を説明する。合波器11は2つの波長の異なる光を合成して1つの光信号として出力するものであり、この例では端局1から送信され、かつ光ファイバ3を介して入力される光信号P Sinと、光カプラ12から出力される励起光とを合成して出力する。

合波器11から出力された光信号はEDFA13によって増幅される。このEDFA13は希土類元素の1つであるエルビウム(Er)を光ファイバにドープしたものであり、例えば波長1.48μmの励起光によって、高いエネルギー準位に励起された光ファイバ中のEr原子に信号光が入ってくると、誘導放出が生じ、信号光のパワーが光ファイバに沿ってしだいに大きくなる。即ち光信号の増幅が行われるものである。

分岐器14は1つの光信号を分岐して2つの光信号として出力するものであり、EDFA13に

よって増幅された光信号を分岐して、光ファイバ3及びO/E変換回路15へ出力する。O/E変換回路15は分岐器14から出力される光信号を、電気信号に変換する回路であり、信号光を受ける受光素子としてフォトダイオードが用いられ、このフォトダイオードで信号光を受光することによって流れる電流を、トランジスタ等の増幅手段によって増幅して、電気信号E P S i nを出力するようになっている。

16は第1のバンドパスフィルタ(第1B P F)、17は第2のバンドパスフィルタ(第2B P F)、18は第3のバンドパスフィルタ(第3B P F)である。第1B P F 16は、O/E変換回路15から出力される電気信号E P S i nからパイロット信号 f_p に対応する電気信号E f_p を復調し、第2B P F 17は、電気信号E P S i nから応答信号 f_{res} に対応する電気信号E f_{res} を復調し、第3B P F 18は、電気信号E P S i nから監視系信号 f_{sv} に対応する電気信号E f_{sv} を復調する。

D 2 2 a からポンピング光(励起光)を光カブラ12を介して合波器11に出力するものである。23はE/O変換回路22と同様にポンピング用LD 23 a とLD駆動回路23 b とから構成されるE/O変換回路であり、非常用の回路として用いられる。つまり、通常はE/O変換回路22が適用されているが、このE/O変換回路22が故障等により正常作動しなくなった場合に用いられる。このE/O変換回路22とE/O変換回路23との切り換えは、端局1から送信される監視系信号 f_{sv} を監視系信号処理演算回路21でデジタル化したコマンドにより、光カブラ12を切替制御することによって行われる。

発明が解決しようとする課題

ところで、上述した光中継伝送方式においては、いつれの方式でも、各端局1、2間の経路に挿入された中継器4又は光直接増幅中継器4Aのゲインが変化するので、例えばゲインが低減した場合、その中継器4又は光直接増幅中継器4Aのゲイン

19はA P C (Automatic Power Control) 回路であり、第1B P F 16により復調された信号E f_p により主信号 f_p の電力を制御することによって光直接増幅中継器4Aのゲインを、所望のゲインに制御する。20はA G C (Automatic Gain Control) 回路20であり、第2B P F 17により復調された信号E f_{res} の振幅を一定に制御する。21は監視系信号処理演算回路であり、第3B P F 18により復調された信号E f_{sv} をコマンド化し、このコマンドによって所望の制御を行う。例えばA G C 回路20の動作をON/OFF制御する。

22は電気信号を光信号に変換するE/O変換回路であり、ポンピング用LD (Laser Diodo) 22 a とLD駆動回路22 b とから構成されている。このE/O変換回路22はA P C 回路19、A G C 回路20及び監視系信号処理演算回路21の各回路から出力される各信号を、LD駆動回路22 b に取り入れ、この取り入れた各信号によってポンピング用LD 22 a を駆動し、ポンピング用L

を制御して、所望のゲインにする必要がある。

この制御に当たっては、例えば、端局1からゲインを制御するためのパイロット信号 f_p を送信して行っている。しかし、このように端局1からパイロット信号 f_p を送信しても、その送信されるパイロット信号 f_p の周波数が単一であることと、各中継器4又は光直接増幅中継器4Aの構成が全て同一であることから、ゲイン調整を行う中継器4又は光直接増幅中継器4Aに係わらず全てのの中継器4又は光直接増幅中継器4Aのゲインが変化することになり、これは、全体の系から見た場合、必要以上にゲインが増加することになるので、その分、余計な電力消費を伴い、ランニングコストが上昇する問題となる。

また、個々の中継器4又は光直接増幅中継器4Aのゲインがそろわないので、信号劣化につながり、適正な信号が伝送できない問題も生じる。

本発明は、このような点に鑑みてなされたものであり、各中継器に光直接増幅中継器を用い、そのゲインを個々に制御可能にして、全ての光直接

増幅中継器のゲインを所望のゲインにすることにより、余計な電力消費を防止し、ランニングコストを下げるができると共に、信号劣化を防止して適正な信号を伝送することができる光中継伝送方式を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

第1図は本発明の原理図である。

この図によれば、両端局1、2を結ぶ光ファイバ3の経路に、光信号をそのまま直接増幅する複数の光直接増幅中継器10A～10Nを介装し、該両端局1、2の一方の端局1から送信され、該光ファイバ3を伝送する光信号の主信号に振幅変調により重畳されたパイロット信号によって、該複数の光直接増幅中継器10A～10Nのゲインを制御しながら、該光ファイバ3を介して他方の端局2へ光信号を伝送する光中継伝送方式において、前記両端局1、2に、前記複数の光直接増幅中継器10A～10Nと同数の、周波数がそれぞれ異なる複数のパイロット信号を発生するパイロ

ット信号発生手段1a、2aを設ける。更に、該複数の光直接増幅中継器10A～10Nに、それぞれの周波数通過帯域幅が異なり、各々の周波数通過帯域幅が、該複数のパイロット信号の周波数のいずれかに対応したバンドパスフィルタ16a～16nを設ける。そして、該複数の光直接増幅中継器10A～10Nの内、所望の光直接増幅中継器10Aのゲインを、そのバンドパスフィルタ16aを通過するパイロット信号によって制御するように構成する。

また、前記光直接増幅中継器10A～10Nの構成要素の他に、単一パイロット信号の周波数に対応した周波数通過帯域幅を有する共通バンドパスフィルタ31を具備した光直接増幅中継器30A～30Nを設け、端局1又は2から単一パイロット信号を送信して、各光直接増幅中継器30A～30Nを共通に制御するように構成してもよい。

作 用

本発明によれば、端局のパイロット信号発生手

段から発生する周波数のそれぞれ異なる複数のパイロット信号が、光信号の主信号に振幅変調により重畳されて光ファイバを介して、各光直接増幅中継器に伝送される。そして、光直接増幅中継器のバンドパスフィルタの周波数通過帯域幅に対応した周波数のパイロット信号が、そのバンドパスフィルタによって復調され、その復調されたパイロット信号によって、当該光直接増幅中継器のゲインが制御される。即ち、ゲインの制御対象となる光直接増幅中継器のバンドパスフィルタの周波数通過帯域幅に対応した周波数のパイロット信号の変調度を変えることによって、励起光のパワーを変化させ、光直接増幅中継器個々にゲインを制御することができる。

また、上述した各光直接増幅中継器に、前記パイロット信号の周波数と異なる周波数の単一パイロット信号を復調する共通バンドパスフィルタを設けた場合に、その単一パイロット信号を光信号の主信号に重畳して送信することによって、各光直接増幅中継器のゲインを共通に制御することも

できる。

実 施 例

以下、図面を参照して本発明の実施例について説明する。

第2図は本発明の第1の実施例による光中継伝送方式を説明するための図、第3図は第2図に示す光直接増幅中継器の構成図、第4図は第2図に示す端局から送信される光信号に含まれるパイロット信号のスペクトル図である。なお、これらの図において第13図～第15図に示す従来例の各部に対応する部分には同一の符号を付し、その説明を省略する。

この第1の実施例による光中継伝送方式が、従来例の光直接増幅中継器を用いた光中継伝送方式と異なる点は、端局1又は2から送信されるパイロット信号に、第4図に示すように、複数の光直接増幅中継器10A～10N(第2図参照)の数と同数であって、且つそれぞれの周波数が異なる複数のパイロット信号 f_{p1} ～ f_{pn} を用い、これら

のパイロット信号 $f_{p1} \sim f_{pn}$ を主信号 f 。にそれぞれ振幅変調により重畳した主信号制御パイロット信号 $P1 \sim Pn$ を光ファイバ3に伝送するようにしたことと、各光直接増幅中継器10A \sim 10Nに第3図に示すように、それぞれの周波数通過帯域幅が異なり、各々の周波数通過帯域幅が各パイロット信号 $f_{p1} \sim f_{pn}$ の周波数のいずれかに対応した第1BPF16a \sim 16nを設けたことである。

このような構成によれば、例えば光直接増幅中継器10Aにおいては、端局1から送信される光信号 $PSin1$ のパイロット信号 f_{p1} に対応する電気信号 Ef_{p1} のみを、その第1BPF16aによって復調することができるので、光直接増幅中継器10Aのゲインを制御する場合には、パイロット信号 f_{p1} の変調度を変えて、ポンピング用LED22aから出射される励起光のパワーを変化させる。同様に、光直接増幅中継器10Bのゲインを制御するには、パイロット信号 f_{p2} の変調度を変え、光直接増幅中継器10Cのゲインを制御す

るには、パイロット信号 f_{p2} の変調度を変え、光直接増幅中継器10Nのゲインを制御するには、パイロット信号 f_{pn} の変調度を変えればよい。即ち、このような構成の光中継伝送方式によれば、各光直接増幅中継器10A \sim 10Nのゲインを個々に制御することができる。

次に、本発明の第2の実施例について、第5図 \sim 第7図を参照して説明する。

第5図は本発明の第2の実施例による光中継伝送方式を説明するための図、第6図は第5図に示す光直接増幅中継器の構成図、第7図は端局から送信される光信号に含まれるパイロット信号のスペクトル図である。なお、これらの図において第2図 \sim 第4図に示す第1の実施例の各部に対応する部分には同一の符号を付し、その説明を省略する。

これらの図に示す第2の実施例が第1の実施例と異なる点は、端局1、2間に配置された各光直接増幅中継器30A \sim 30Nに第6図に示すように、第4のバンドパスフィルタ(第4BPF)3

1をそれぞれ追加し、更に、第7図に示すように、第4BPF31のみを通過するパイロット信号 f_{p0} を、光信号 $PSin2$ の主信号 f 。に振幅変調により重畳したことである。

このように光中継伝送方式を構成した場合、第1の実施例と同様に、各光直接増幅中継器30A \sim 30Nのゲインを個別に制御することができると共に、パイロット信号 f_{p0} によって各光直接増幅中継器30A \sim 30Nのゲインを共通に制御することができる。

次に、本発明の第3の実施例について、第8図及び第9図を参照して説明する。

第8図は本発明の第3の実施例による光中継伝送方式を説明するための図、第9図は第8図に示す光直接増幅中継器の構成図である。なお、これらの図において第5図及び第6図に示す第2の実施例の各部に対応する部分には同一の符号を付し、その説明を省略する。

これらの図に示す第3の実施例が第2の実施例と異なる点は、端局1、2間に配置された各光直

接増幅中継器30A \sim 30Nの間に、第9図に示す光直接増幅中継器40を複数個挿入して構成したことである。

但し、光直接増幅中継器40は第9図に示すように、O/E変換回路15とAPC回路19との間に、パイロット信号 f_{p0} のみを復調する第4BPF31を設けて構成されている。

このように光中継伝送方式を構成した場合、第2の実施例と同様に、各光直接増幅中継器30A \sim 30Nのゲインを個別に制御することができると共に、パイロット信号 f_{p0} によって各光直接増幅中継器30A \sim 30N及び40のゲインを共通に制御することができる。

また、この第3の実施例においては、複数の光直接増幅中継器40を各光直接増幅中継器30A \sim 30Nの間に介装したが、この介装するしない、また介装個数は自由である。

次に、本発明の第4の実施例について、第10図を参照して説明する。

第10図は本発明の第4の実施例による光中継

伝送方式を説明するための図であり、この図において第5図に示す第2の実施例の各部に対応する部分には同一の符号を付し、その説明を省略する。

この図に示す第4の実施例が第2の実施例と異なる点は、第10図に示すように、端局1、2間に各光直接増幅中継器30A～30Nを、それぞれ複数個つつ連続して接続し、光直接増幅中継器のゲインをその複数個のブロック単位30A'～30N'で制御できるようにしたことである。

この第4の実施例においても、第2の実施例と同様に、各光直接増幅中継器30A～30Nのゲインを共通に制御することができる。

ところで、上述した第1～第4実施例に示した光直接増幅中継器10A～10N、30A～30N、40においては、そのゲインを制御する際に、パイロット信号 $f_{p1} \sim f_{pn}$ 或いはパイロット信号 $f_{p0} \sim f_{pn}$ によって制御していたが、第11図に示すように、監視系信号処理演算回路21から出力される直流信号を用いてAPC回路19を制御することによって、光直接増幅中継器のゲイン制

御を行うようにしてもよい。

このように光直接増幅中継器のゲインを制御するためには、端局1から送信される光信号 PSi の監視信号 f_{sv} に、APC回路19自体のゲインを制御するための信号を重畳して送信し、この重畳された信号を、第3BPF18を介して復調し、更に、監視系信号処理演算回路21のD/A変換回路21aで直流信号に変換し、この直流信号をAPC回路19のゲイン制御回路19aに入力すればよい。つまり、このようにAPC回路19のゲイン制御回路19aに、APC回路19自体のゲインを制御するための信号を変換した直流信号が入力されるので、その直流信号によりAPC回路19自体のゲインが制御され、これによって、光直接増幅中継器のゲインが制御されることになる。

また、上述した第1～第4実施例における光直接増幅中継器のゲインをモニタリングする場合、各パイロット信号 $f_{p1} \sim f_{pn}$ の変調度を見ることによって、パイロット信号 $f_{p1} \sim f_{pn}$ がそのゲイ

ンを制御する光直接増幅中継器のゲイン、又は複数個つつ連続して接続されたブロック単位の光直接増幅中継器のゲインを知ることができる。例えば第2図に示す第1の実施例によれば、第12図に示すように、各パイロット信号 $f_{p1} \sim f_{pn}$ の変調度をモニタ50に表示して見ることによって、そのパイロット信号 $f_{p1} \sim f_{pn}$ に対応した光直接増幅中継器10A～10Nのゲインを知ることができる。即ち、光直接増幅中継器10Aのゲインを知りたい場合には、パイロット信号 f_{p1} の変調度をモニタ50に表示させて確認すればよい。

発明の効果

以上説明したように、この発明によれば、両端局間の光ファイバの経路に介装された複数の光直接増幅中継器のゲインを個々に制御可能にしたので、全ての光直接増幅中継器のゲインを所望のゲインにすることができ、これによって余計な電力消費を防止してランニングコストを下げることができる効果がある。

また、全ての光直接増幅中継器のゲインをそろえることができるので、信号劣化を防止することができ、これによって適正な信号を伝送することができる効果がある。

更に、光直接増幅中継器のゲインを個々に制御する各パイロット信号の変調度を表示装置に表示することができるので、その表示された各パイロット信号の変調度から、各光直接増幅中継器のゲインを知ることができる効果がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の原理図、

第2図は本発明の第1の実施例による光中継伝送方式を説明するための図、

第3図は第2図に示す光直接増幅中継器の構成図、

第4図は第2図に示す端局から送信される光信号のパイロット信号のスペクトル図、

第5図は本発明の第2の実施例による光中継伝送方式を説明するための図、

第6図は第5図に示す光直接増幅中継器の構成図、

第7図は第5図に示す端局から送信される光信号のパイロット信号のスペクトル図、

第8図は本発明の第3の実施例による光中継伝送方式を説明するための図、

第9図は第8図に示す各光直接増幅中継器の内、一方の光直接増幅中継器の構成図、

第10図は本発明の第3の実施例による光中継伝送方式を説明するための図、

第11図は本発明の他の構成による光直接増幅中継器の構成図、

第12図は本発明の光直接増幅中継器のゲインのモニタリング方法を説明するための図、

第13図は従来の光中継伝送方式を説明するための図、

第14図は従来の光直接増幅中継器の構成図、

第15図は第13図に示す端局から送信される光信号のスペクトル図である。

1, 2…端局、

1a, 2a…パイロット信号発生手段、

3…光ファイバ、

16a~16n, 31…バンドパスフィルタ、

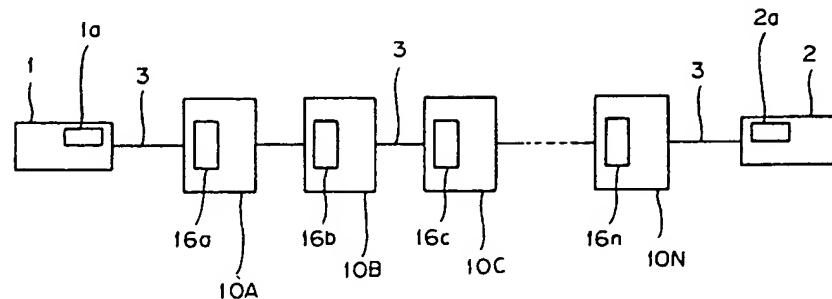
10A~10N, 30A~30N, 40…光直接増幅中継器、

19…ゲイン制御手段、

21a…D/A変換手段。

出願人： 富士通株式会社

代理人： 弁理士 松本 昂



1, 2: 端局

1a, 2a: パイロット信号発生手段

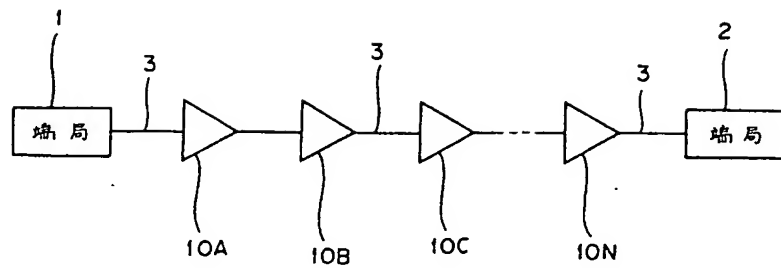
3: 光ファイバ

10A~10N: 光直接増幅中継器

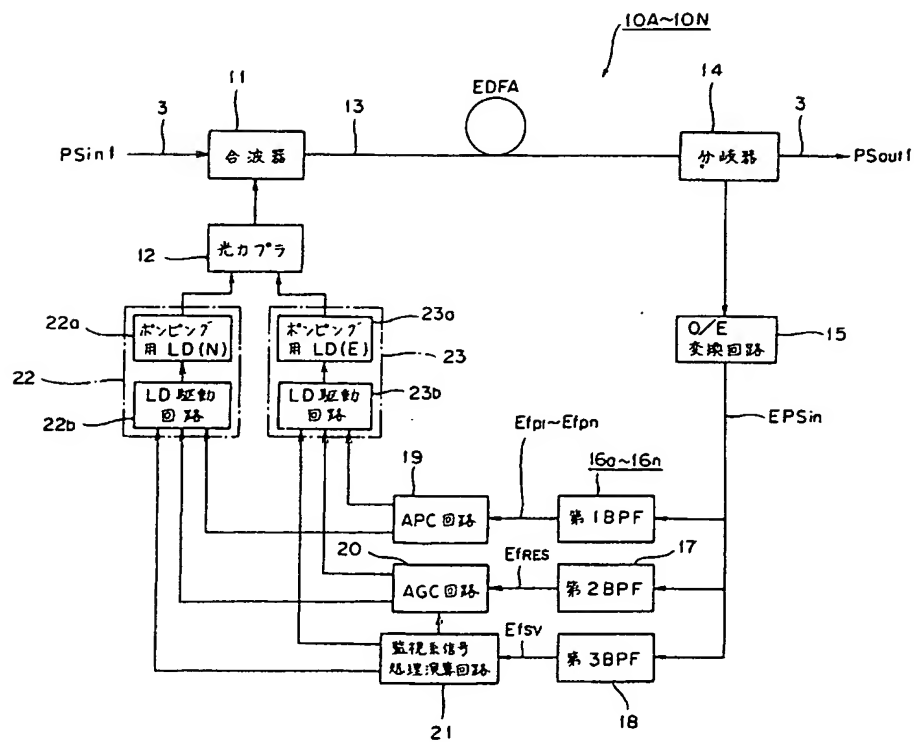
16A~16N: バンドパスフィルタ

本発明の原理図

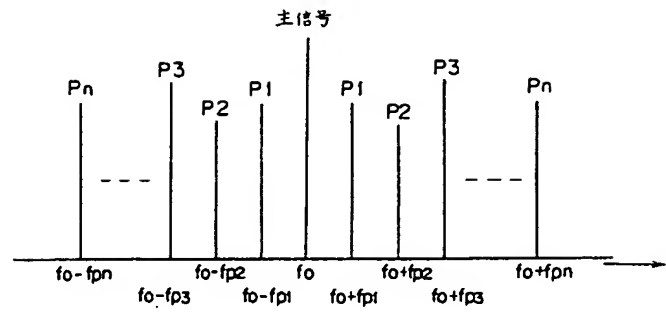
第 1 図



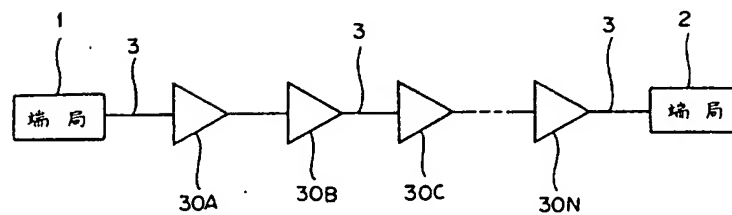
第1実施例による光中継伝送方式の図
第2図



第2図に示す光直増幅中継器の構成図
第3図

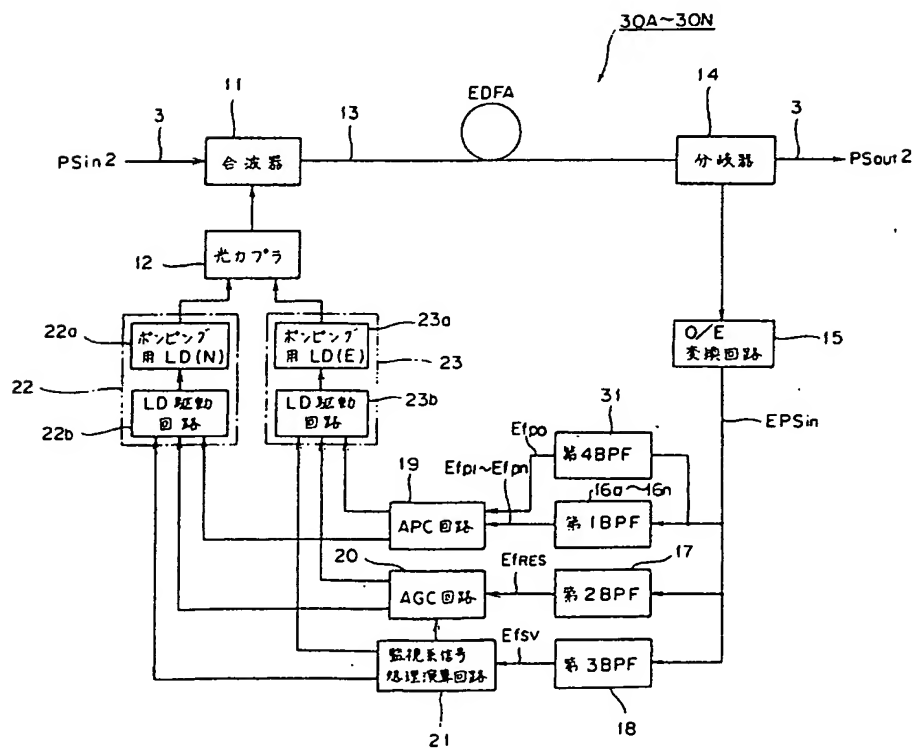


スペクトル図
第4図



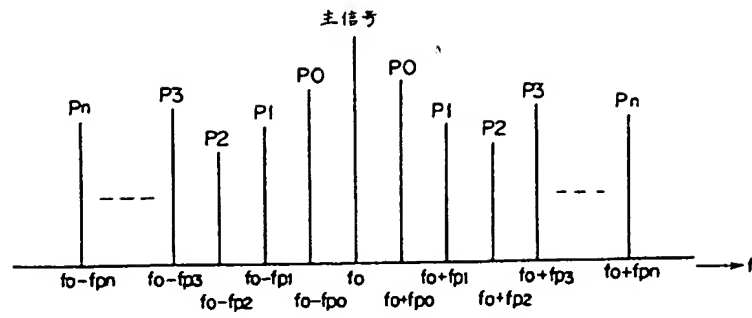
第2実施例による光中継伝送方式の図

第5図

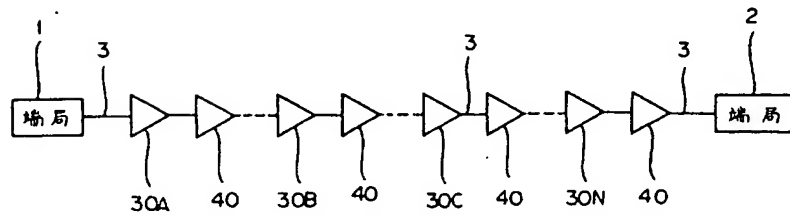


第5図に示す光直継増幅中継器の構成図

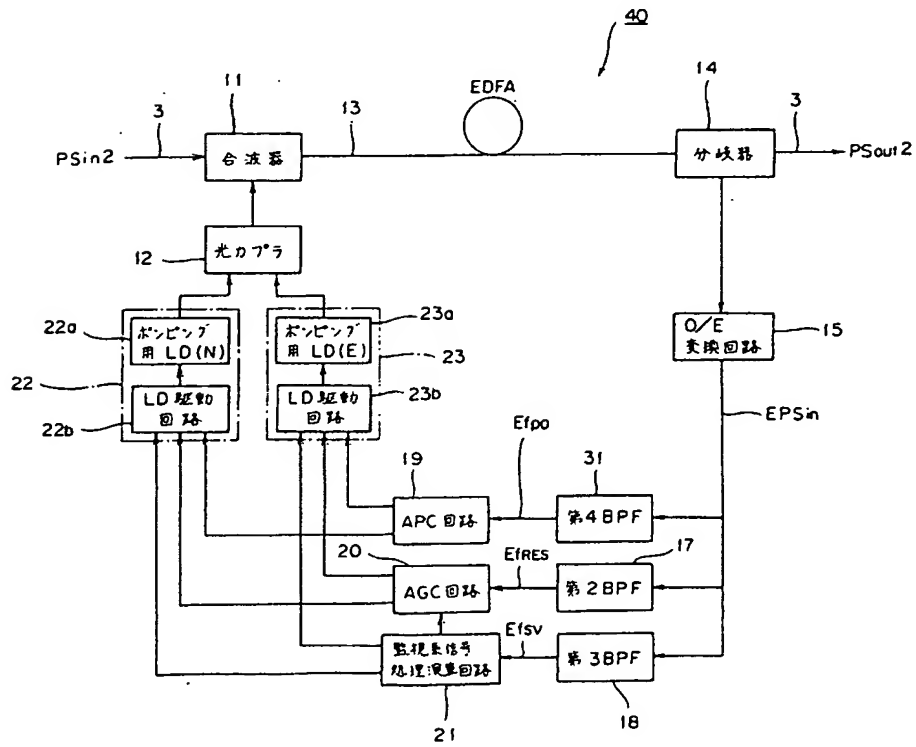
第6図



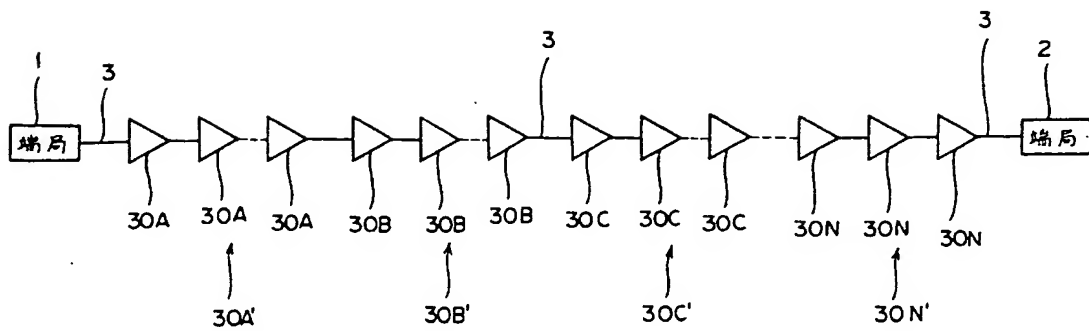
スペクトル図
第 7 図



第3実施例による光伝送中継方式の図
第 8 図

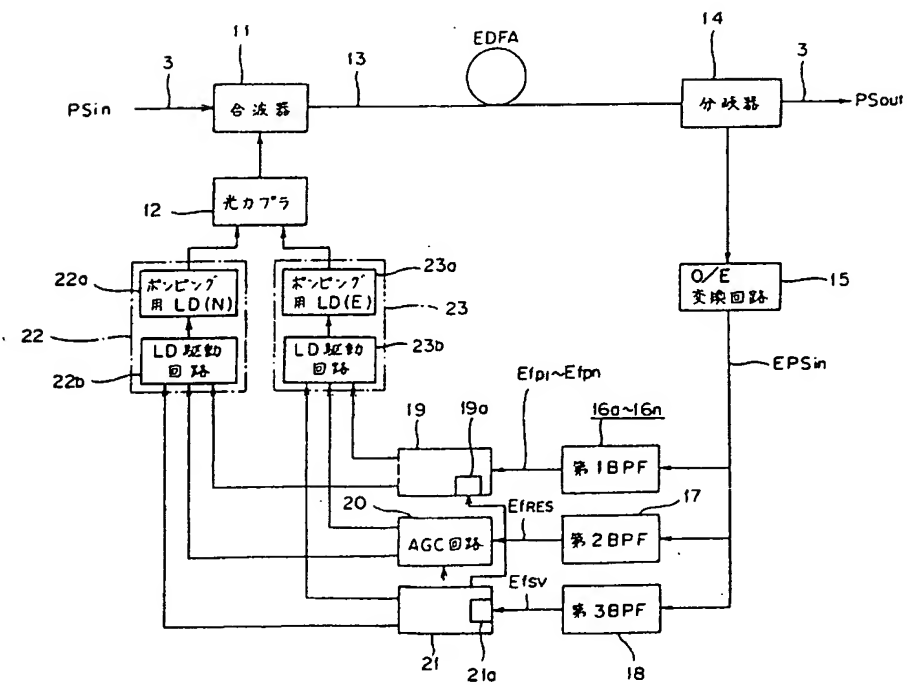


第8図に示す光直接増幅中継器の構成図
第 9 図



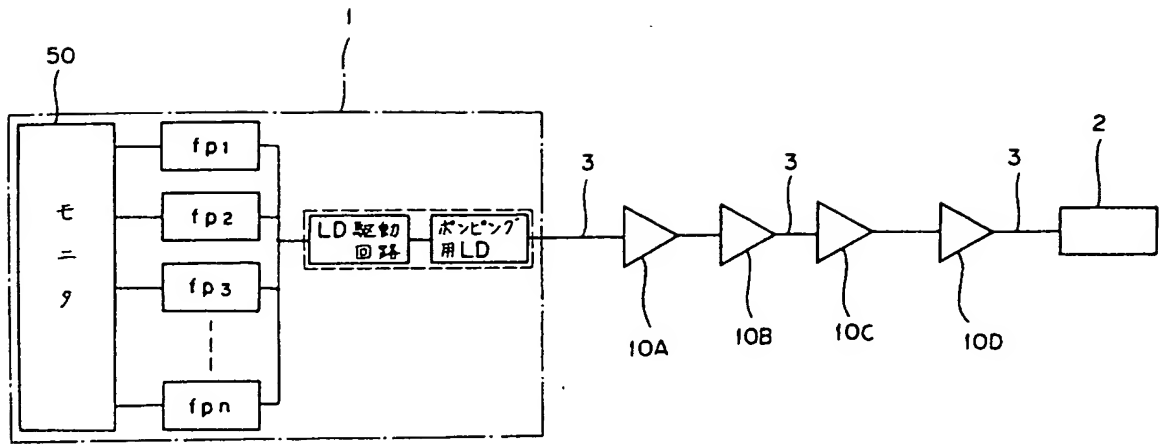
第3実施例による光中継伝送方式の図

第 10 図



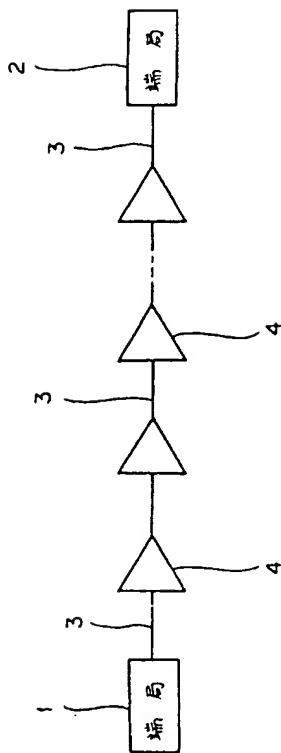
光直増幅中継器の構成図

第 11 図



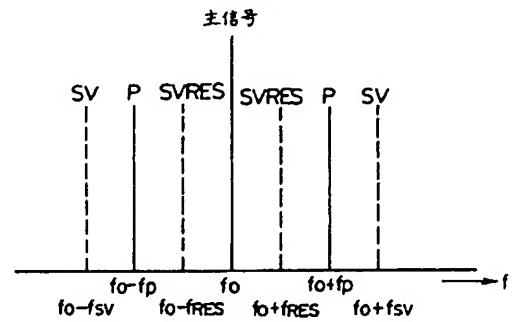
ゲインのモニタリング方法を説明するたの図

第 12 図



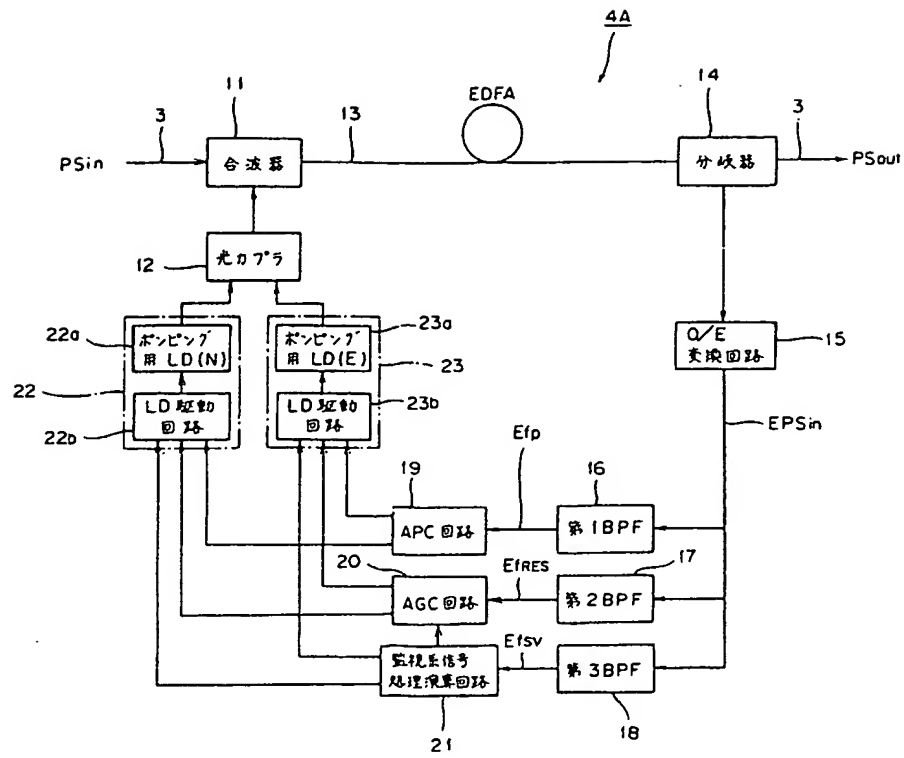
従来の光中継伝送方式の図

第 13 図



スペクトル図

第 15 図



従来の光中継伝送方式の図

第 14 図

(19) Japanese Patent Office (JP),
(12) Publication of Laid Open Patent Application (A),
(11) Publication Number of Patent Application:
Japanese Patent Laid-Open Publication No. 4-14917

(43) Date of Publication of Application
January 20, 1992 (Heisei 4)

(51) Int. Cl.⁵: H 04 B 10/16
3/36

Identification Mark

Intraoffice Reference Number:

9199-5K

8426-5K H 04 B 9/00

Request for Substantive Examination: not requested,

Number of Claims: 6 (Total 14 pages)

(54) Title of the Invention:

Optical Relay Transmission System

(21) Application Number:

Japanese Patent Application No. 2-117771

(22) Date of Filing: May 9, 1990 (Heisei 2)

(71) Applicant:

Fujitsu Limited

Kami-Odanaka 1015, Nakahara-ku, Kawasaki, Kanagawa Prefecture

(72) Inventor:

Takanori Maki

c/o Fujitsu Limited, Kamik-Odanaka 1015, Nakahara-ku, Kawasaki,
Kanagawa Prefecture

(74) Agent:

patent attorney Akira Matsumoto

SPECIFICATION

1. Title of the Invention: Optical Relay Transmission System

2. Claims

(1) An optical relay transmission system in which plural optical direct amplifier

repeaters (10A to 10N) for directly amplifying an optical signal are provided in an optical fiber (3) line connecting terminal stations (1, 2) and while said plural optical direct amplifier repeaters (10A to 10N) are gain-controlled by a pilot signal superimposed by amplitude modulation on a main signal as an optical signal which is sent from one terminal station (1) of both said terminal stations (1, 2) and transmitted through said optical fiber (3), an optical signal is transmitted through said optical fiber (3) to the other terminal station (2), characterized in that:

said terminal stations (1, 2) respectively have pilot signal generating means (1a, 2a) to generate plural pilot signals which are as many as said plural optical direct amplifier repeaters (10A to 10N) and different in frequency from each other;

said plural optical direct amplifier repeaters (10A to 10N) have band pass filters (16a to 16n) which have different frequency pass bands each corresponding to either of the frequencies of said plural pilot signals; and

a desired optical direct amplifier repeater (10A to 10N) among said plural optical direct amplifier repeaters (10A to 10N) is gain-controlled by a pilot signal passing through its band pass filter (16a to 16n).

(2) An optical relay transmission system in which plural optical direct amplifier repeaters (30A to 30N) for directly amplifying an optical signal are provided in an optical fiber (3) line connecting terminal stations (1, 2) and while said plural optical direct amplifier repeaters (30A to 30N) are gain-controlled by a pilot signal superimposed by amplitude modulation on a main signal as an optical signal which is sent from one terminal station (1) of both said terminal stations (1, 2) and transmitted through said optical fiber (3), an optical signal is transmitted through said optical fiber (3) to the other terminal station (2), characterized in that:

said terminal stations (1, 2) respectively have pilot signal generating means (1a, 2a) to generate plural pilot signals which are as many as said plural optical direct amplifier repeaters (30A to 30N) and different in frequency from each other, and a single pilot signal which is different in frequency from said plural pilot signals;

said plural optical direct amplifier repeaters (30A to 30N) have band pass filters (16a to 16n) which have different frequency pass bands each corresponding to either of the frequencies of said plural pilot signals and a common band pass filter (31) which has a frequency pass band corresponding to the frequency of a single pilot signal; and

a desired optical direct amplifier repeater (30A) among said plural optical direct amplifier repeaters (30A to 30N) is gain-controlled by a pilot signal passing through its band pass filter (16a) and said plural optical direct amplifier repeaters (30A to 30N) are

gain-controlled on a common basis by a single pilot signal passing through said common band pass filter (31).

(3) The optical relay transmission system as claimed in Claim 2, characterized in that a common optical direct amplifier repeater (40) with said common band pass filter (31) and said optical direct amplifier repeaters (30A to 30N) are arbitrarily combined and provided in said optical fiber (3) line connecting said terminal stations (1, 2).

(4) The optical relay transmission system as claimed in Claim 2, characterized in that said optical direct amplifier repeaters (30A to 30N) having band pass filters (16a to 16n) with the same pass band are provided group by group successively.

(5) The optical relay transmission system as claimed in any of Claims 1 to 4, characterized in that;

said optical direct amplifier repeaters (10A to 10N, 30A to 30N, 40) have a D/A conversion means (21a) which converts a supervisory signal sent from one terminal station (1) of said terminal stations (1, 2) into a DC signal;

the DC signal as a result of conversion by said D/A conversion means (21a) enters a gain control means (19) to gain-control said optical direct amplifier repeaters (10A to 10N, 30A to 30N, 40); and

said gain control means (19) itself is gain-controlled to gain-control said optical direct amplifier repeaters (10A to 10N, 30A to 30N, 40).

(6) The optical relay transmission system as claimed in any of Claims 1 to 4, characterized in that a modulation factor for a pilot signal is displayed on a monitor (50) mounted in said terminal stations (1, 2).

3. Detailed Description of the Invention

Contents

Summary

Industrial Field of Utilization

Prior Art

Problem to be Solved by the Invention

Means for Solving the Problem

Function

Preferred Embodiments

Effects of the Invention

Summary

The present invention concerns an optical relay transmission system which uses optical direct amplifier repeaters for directly amplifying an optical signal. The object of the invention is to provide an optical relay transmission system which uses optical direct amplifier repeaters and gain-controls them individually and sets the gain of each optical direct amplifier repeater to a desired level so as to eliminate wasteful power consumption, reduce the running cost and also prevent a signal deterioration to assure transmission of an adequate signal.

In the optical relay transmission system, plural optical direct amplifier repeaters are provided in an optical fiber line connecting two terminal stations and while the plural optical direct amplifier repeaters are gain-controlled by a pilot signal superimposed by amplitude modulation on a main signal as an optical signal which is sent from one terminal station of both the terminal stations and transmitted through the optical fiber, the optical signal is transmitted through the optical fiber to the other terminal station. It is configured so that the terminal stations have pilot signal generating means to generate plural pilot signals which are as many as the plural optical direct amplifier repeaters and different in frequency from each other; the plural optical direct amplifier repeaters have band pass filters which have different frequency pass bands each corresponding to either of the frequencies of the plural pilot signals; and a desired optical direct amplifier repeater among the plural optical direct amplifier repeaters is gain-controlled by a pilot signal passing through its band pass filter.

Industrial Field of Utilization

The present invention relates to an optical relay transmission system which uses an optical direct amplifier repeater for directly amplifying an optical signal.

Optical relay transmission systems are used, for example, for optical submarine cable communications. Submarine optical relay transmission is superior in transmission quality (noise and delay time) to communication satellites or conventional short wave radio communications and is widely used for international and domestic communications because it is more reliable from the viewpoint of security. Submarine optical relay transmission systems use optical fibers whose transmission capacity is larger than that of conventional coaxial cables. Also, the use of an optical direct amplifier repeater as an amplifying means in an optical relay transmission system has been proposed.

In this type of optical relay transmission system, plural repeaters are provided in an optical fiber transmission line connecting terminal stations at both ends. In many cases, the gain of each repeater individually varies. With this background, an optical relay transmission system in which the gain of only a desired repeater can be controlled has been anticipated.

Prior Art

In a conventional optical relay transmission system, as shown in Fig.13, plural repeaters 4 are located at regular intervals in an optical fiber 3 connecting terminal stations 1 and 2 at both ends; an optical signal is sent from a terminal station 1 to the other terminal station 2 while being amplified by the repeaters 4.

A commonly used repeater type for the above repeaters 4 is as follows: for example, an optical signal transmitted by an optical fiber 3 is converted into an electric signal by a photodiode and the electric signal is amplified by an electronic amplifier and reconverted into an optical signal by a semiconductor laser or the like before being sent back to the optical fiber 3.

Known as another type of conventional system is an optical relay transmission system which uses optical direct amplifier repeaters 4A (which directly amplify an optical signal) instead of the repeaters shown in Fig.13.

Referring to Fig.14, the structure of the optical direct amplifier repeater 4A is explained below.

The optical direct amplifier repeater 4A is composed of an erbium doped fiber (EDFA) 13 which amplifies incoming optical signal PSin through a multiplexer 11, and a feedback circuit which maintains the amplitude of the amplified signal PSout to be outputted through a demultiplexer 14 constant.

Next is an explanation of optical signal PSin which is outputted from the terminal station 1 or 2. As shown in Fig.15 (spectral chart), optical signal PSin consists of a main signal f_0 (carrier wave); main signal control pilot signal P which is generated by superimposing pilot signal f_p on main signal f_0 by amplitude modulation; supervisory response signal SVRES which is generated by superimposing response signal f_{res} on main signal f_0 by amplitude modulation; and supervisory signal SV which is generated by superimposing supervisory signal f_{sv} on main signal f_0 by amplitude modulation.

Again, referring to Fig.14, the optical direct amplifier repeater 4A is explained below. The multiplexer 11 combines two different types of light with different wavelengths and outputs the combined light as a single optical signal. In this example, optical signal PSin which comes from the terminal station 1 and enters through the

optical fiber 3 is combined with pumping light from an optical coupler 12 and the combined light is outputted.

The optical signal outputted from the multiplexer 11 is amplified by EDFA 13. The EDFA 13 is an optical fiber doped with erbium (Er) as a rare-earth element. For example, as signal light enters an Er atom in the high energy optical fiber pumped by pumping light with 1.48 μm wavelength, induced emission occurs and the power of the signal light gradually increases along the optical fiber. In short, the optical signal is amplified.

The demultiplexer 14 divides one optical signal into two optical signals. The optical signal amplified by EDFA 13 is divided and sent to the optical fiber 3 and an O/E conversion circuit 15. The O/E conversion circuit 15 converts an optical signal from the demultiplexer 14 into an electric signal and uses a photodiode as a light receiving device for receiving signal light. The electric current which flows as the photodiode receives signal light is amplified by an amplifying means like a transistor and outputted as electric signal EPS_{in} .

In Fig.14, 16 represents a first band pass filter (first BPF), 17 a second band pass filter (second BPF), and 18 a third band pass filter (third BPF). The first BPF 16 demodulates the electric signal EPS_{in} from the O/E conversion circuit 15 to take an electric signal E_{fp} corresponding to a pilot signal f_{p} ; the second BPF 17 demodulates the electric signal EPS_{in} to take an electric signal E_{fRES} corresponding to a response signal f_{RES} ; and the third BPF 18 demodulates the electric signal EPS_{in} to take an electric signal E_{fsv} corresponding to a supervisory signal f_{sv} .

19 represents an APC (Automatic Power Control) circuit which controls the power of main signal f_0 by the signal E_{fp} taken by the first BPF 16 to set the gain of the optical direct amplifier repeater 4A to a desired level. 20 represents an APC (Automatic Power Control) circuit which controls the amplitude of the signal E_{fRES} taken by the second BPF 17 in a way to maintain it constant. 21 represents a supervisory signal processing circuit which makes the signal E_{fsv} taken by the third BPF 18 a command to control operation as desired using the command (for example, turn on or off the AGC circuit 20).

22 represents an E/O conversion circuit which converts an electric signal into an optical signal. It is composed of a pumping LD (Laser Diode) 22a and an LD drive circuit 22b. In this E/O conversion circuit 22, the LD drive circuit 22b receives signals from the APC circuit 19, AGC circuit 20 and supervisory signal processing circuit 21 and drives the pumping LD 22a using these signals to let the pumping LD 22 output pumping light through the optical coupler 12 to the multiplexer 11. 23 represents an

E/O conversion circuit which is composed of a pumping LD 23a and an LD drive circuit 23b, like the E/O conversion circuit 22. It is used as an emergency circuit. In other words, the E/O conversion circuit 22 is usually used; if the E/O conversion circuit 22 malfunctions for some trouble, the E/O conversion circuit 23 is used. Switching between the E/O conversion circuits 22 and 23 is done by controlling the optical coupler 12 according to a command which the supervisory signal processing circuit 21 generates by digitalization of the supervisory signal f_{sv} sent from the terminal station 1.

Problem to be Solved by the Invention

In the above optical relay transmission system, the gain of the repeaters 4 or optical direct amplifier repeaters 4A (provided in the line between the terminal stations 1 and 2) changes and therefore if a gain decrease occurs, it is necessary to control the gain to set it to a desired level.

This control is performed, for example, by means of pilot signal f_p for gain control which the terminal station 1 issues. However, the pilot signal f_p which is issued from the terminal station 1 has a single frequency and the repeaters 4 or optical direct amplifier repeaters 4A are all structurally equal, and therefore the pilot signal changes the gains of all the repeaters 4 or optical direct amplifier repeaters 4A, whichever repeater 4 or optical direct amplifier repeater 4A should be gain-controlled. This means that the gain for the overall system increases more than necessary, leading to wasteful power consumption and a higher running cost.

Besides, since the gain is not equal among the repeaters 4 or optical direct amplifier repeaters 4A, a signal deterioration may occur and an adequate signal may not be transmitted.

The present invention has been made in view of the above circumstances and provides an optical relay transmission system which uses optical direct amplifier repeaters to control their gains individually and set the gain of each of the optical direct amplifier repeaters to a desired level and thereby eliminates wasteful power consumption, reduces the running cost and also prevents a signal deterioration to assure transmission of an adequate signal.

Means for Solving the Problem

Fig.1 illustrates the principle of the present invention.

As illustrated in Fig.1, in an optical relay transmission system, plural optical direct amplifier repeaters 10A to 10N for directly amplifying an optical signal are provided in an optical fiber 3 line connecting terminal stations 1, 2 and while the plural

optical direct amplifier repeaters 10A to 10N are gain-controlled by a pilot signal superimposed by amplitude modulation on a main signal as an optical signal which is sent from one terminal station 1 of both the terminal stations 1, 2 and transmitted through the optical fiber 3, the optical signal is transmitted through the optical fiber 3 to the other terminal station 2. The system is configured as follows. The terminal stations 1 and 2 respectively have pilot signal generating means 1a and 2a to generate plural pilot signals which are as many as the plural optical direct amplifier repeaters 10A to 10N and different in frequency from each other. In addition, the plural optical direct amplifier repeaters 10A to 10N respectively have band pass filters 16a to 16n which have different frequency pass bands each corresponding to either of the frequencies of the plural pilot signals. A desired optical direct amplifier repeater among the plural optical direct amplifier repeaters 10A is gain-controlled by a pilot signal passing through its band pass filter (16a).

In addition to the above components of the optical direct amplifier repeaters 10A to 10N, optical direct amplifier repeaters 30A to 30N each having a common band pass filter 31 with a frequency pass band corresponding to the frequency of a single pilot signal may be provided to gain-control the optical direct amplifier repeaters 30A to 30N on a common basis by sending a single pilot signal from the terminal station 1 or 2.

Function

According to the present invention, plural pilot signals with different frequencies which are generated by a pilot signal generating means in a terminal station are superimposed on a main optical signal by amplitude modulation and the resultant signal is transmitted through an optical fiber to optical direct amplifier repeaters. Pilot signals with frequencies corresponding to the frequency pass bands of the band pass filters of the optical direct amplifier repeaters are demodulated by the band pass filters and the demodulated pilot signals are used to gain-control the optical direct amplifier repeaters. In other words, by altering the modulation factor for a pilot signal with a frequency corresponding to the frequency pass band of an optical direct amplifier repeater to be gain-controlled, the power of pumping light is varied to gain-control the optical direct amplifier repeater individually.

In addition, when the above optical direct amplifier repeaters have each a common band pass filter for demodulating a single pilot signal with a frequency which is different from the frequency of the above pilot signal, it is also possible to gain-control each optical direct amplifier repeater on a common basis by superimposing the single pilot signal on the main optical signal and transmitting it.

Preferred Embodiments

Next, preferred embodiments of the present invention will be described referring to the accompanying drawings.

Fig.2 illustrates an optical relay transmission system according to a first embodiment of the present invention; Fig.3 shows the structure of an optical direct amplifier repeater shown in Fig.2; Fig.4 is a spectral chart for pilot signals included in an optical signal which is sent from a terminal station shown in Fig.2. In these figures, the same components as those of the conventional system shown in Figs. 13 to 15 are designated by the same reference numerals and their descriptions are omitted here.

The optical relay transmission system according to this first embodiment is different from the conventional optical relay transmission system based on optical direct amplifier repeaters as follows. Pilot signals (f_{p1} to f_{pn}) which are as many as plural optical direct amplifier repeaters 10A to 10N (see Fig.2) and different in frequency from each other are used as pilot signals which are sent from the terminal station 1 or 2, as shown in Fig.4 and these pilot signals f_{p1} to f_{pn} are respectively superimposed on main signal f_0 by amplitude modulation and resultant main signal control pilot signals P1 to Pn are sent to the optical fiber 3. In addition, as shown in Fig.3, optical direct amplifier repeaters 10A to 10N have band pass filters BPF 16a to BPF 16n which have different frequency pass bands each corresponding to either of the frequencies of pilot signals f_{p1} to f_{pn} .

In this constitution, for example, since in the optical direct amplifier repeater 10A, only electric signal Ef_{p1} corresponding to pilot signal f_{p1} for optical signal PSin 1 sent from the terminal station 1 can be demodulated by its first BPF 16a, in order to control the gain of the optical direct amplifier repeater 10A the modulation factor for pilot signal f_{p1} is altered to change the power of pumping light emitted from the pumping LD 22a. Similarly, in order to control the gain of the optical direct amplifier repeater 10B, the modulation factor for pilot signal f_{p2} is altered; in order to control the gain of the optical direct amplifier repeater 10C, the modulation factor for pilot signal f_{p3} is altered; and in order to control the gain of the optical direct amplifier repeater 10N, the modulation factor for pilot signal f_{pn} is altered. Therefore, in this optical relay transmission system, the optical direct amplifier repeaters 10A to 10N can be individually gain-controlled.

Next, a second embodiment of the present invention will be described referring to Figs.5 to 7.

Fig.5 illustrates an optical relay transmission system according to the second

embodiment of the present invention; Fig.6 shows the structure of the optical direct amplifier repeater shown in Fig.5; and Fig.7 is a spectral chart for pilot signals included in an optical signal which is sent from a terminal station. In these figures, the same components as those of the first embodiment shown in Figs. 2 to 4 are designated by the same reference numerals and their descriptions are omitted here.

The second embodiment shown in these figures is different from the first embodiment as follows. A fourth band pass filter (fourth BPF) 31 is added to each of optical direct amplifier repeaters 30A to 30N located between the terminal stations 1 and 2 as shown in Fig.6. In addition, as shown in Fig.7, pilot signal f_{p0} which passes only through the fourth BPF 31 is superimposed on main signal f_0 of optical signal PSin 2 by amplitude modulation.

In this optical relay transmission system, the optical direct amplifier repeaters 30A to 30N can be individually gain-controlled, like the first embodiment, and also can be gain-controlled by pilot signal f_{p0} on a common basis.

Next, a third embodiment of the present invention will be described referring to Figs.8 and 9.

Fig.8 illustrates an optical relay transmission system according to the third embodiment of the present invention; and Fig.9 shows the structure of the optical direct amplifier repeater shown in Fig.8. In these figures, the same components as those of the second embodiment shown in Figs. 5 and 6 are designated by the same reference numerals and their descriptions are omitted here.

The third embodiment shown in these figures is different from the second embodiment in that plural optical direct amplifier repeaters 40 as shown in Fig.9 are inserted between optical direct amplifier repeaters 30A to 30N located between the terminal stations 1 and 2 in a way that one optical direct amplifier 40 lies between two optical direct amplifier repeaters (30A to 30N).

Each optical direct amplifier repeater 40 has the fourth BPF 31 (which demodulates only pilot signal f_{p0}) between the O/E conversion circuit 15 and the APC circuit 19, as shown in Fig.9.

In this optical relay transmission system, the optical direct amplifier repeaters 30A to 30N can be individually gain-controlled, like the second embodiment, and also the optical direct amplifier repeaters 30A to 30N and 40 can be gain-controlled by pilot signal f_{p0} on a common basis.

Although in the third embodiment, each of the plural optical direct amplifier repeaters 40 is inserted between two optical direct amplifier repeaters (30A to 30N), they need not be so inserted and the number of inserted optical direct amplifier

repeaters 40 is not fixed.

Next, a fourth embodiment of the present invention will be described referring to Fig.10.

Fig.10 illustrates an optical relay transmission system according to the fourth embodiment of the present invention. In this figure, the same components as those of the second embodiment shown in Fig. 5 are designated by the same reference numerals and their descriptions are omitted here.

The fourth embodiment shown in this figure is different from the second embodiment in that optical direct amplifier repeater blocks 30A' to 30N', each block consisting of plural optical direct amplifier repeater 30A to 30N, are successively provided between the terminal stations 1 and 2 as shown in Fig.10 and the optical direct amplifier repeaters 30A to 30N can be gain-controlled block by block. Like the second embodiment, the optical direct amplifier repeaters 30A to 30N can be gain-controlled on a common basis.

According to the first to fourth embodiments, the optical direct amplifier repeaters 10A to 10N, 30A to 30N and 40 are gain-controlled by pilot signals f_{p1} to f_{pn} or pilot signals f_{p0} to f_{pn} ; however, the APC circuit 19 may be controlled using a DC signal outputted from the supervisory signal processing circuit 21 in order to control the gains of the optical direct amplifier repeaters.

Thus, the optical direct amplifier repeaters are gain-controlled as follows. A signal for controlling the gain of the APC circuit 19 is superimposed on supervisory signal f_{sv} for optical signal PSin sent from the terminal station 1 and the resultant signal is demodulated by the third BPF 18, then converted into a DC signal through a D/A conversion circuit 21a in the supervisory signal processing circuit 21 and the DC signal enters a gain control circuit 19a in the APC circuit 19. In other words, the gain control circuit 19a in the APC circuit 19 receives a DC signal as a result of conversion of the signal for controlling the gain of the APC circuit 19 and thus the APC circuit 19 itself is gain-controlled by the DC signal, thereby gain-controlling the optical direct amplifier repeaters.

In monitoring the gains of the optical direct amplifier repeaters in the first to fourth embodiments, it is possible to know the gains of the optical direct amplifier repeaters which are gain-controlled by pilot signals f_{p1} to f_{pn} or the gain of each block of successively connected optical direct amplifier repeaters, by checking the modulation factor for each of pilot signals f_{p1} to f_{pn} . For example, in the first embodiment shown in Fig.1, the modulation factor for each of pilot signals f_{p1} to f_{pn} is displayed on a monitor 50 as shown in Fig.12 so that an operator can know the gains of optical direct amplifier

repeaters 10A to 10N corresponding to pilot signals f_{p1} to f_{pn} . In other words, if the operator wishes to know the gain of the optical direct amplifier repeater 10A, he/she can know it by checking the modulation factor for pilot signal f_{p1} displayed on the monitor 50.

Effects of the Invention

As discussed so far, according to the present invention, plural optical direct amplifier repeaters which are provided in an optical fiber line between two terminal stations can be individually gain-controlled so that all optical direct amplifier repeaters can be set to desired gain levels; as a consequence, wasteful power consumption is prevented and the running cost is reduced.

Furthermore, the gains of all optical direct amplifier repeaters can be made equal so that a signal deterioration is prevented and an adequate signal is transmitted.

Besides, since the modulation factor for a pilot signal for controlling the gain of each optical direct amplifier repeater can be displayed on a monitor, the gain of an optical direct amplifier repeater can be known from the modulation factor of the optical direct amplifier repeater displayed on the monitor.

4. Brief Description of the Drawings

Fig.1 illustrates the principle of the present invention;

Fig.2 illustrates an optical relay transmission system according to the first embodiment of the present invention;

Fig.3 shows the structure of the optical direct amplifier repeater shown in Fig.2;

Fig.4 is a spectral chart for pilot signals for an optical signal sent from a terminal station shown in Fig.2;

Fig.5 illustrates an optical relay transmission system according to the second embodiment of the present invention;

Fig.6 shows the structure of the optical direct amplifier repeater shown in Fig.5;

Fig.7 is a spectral chart for pilot signals for an optical signal sent from a terminal station shown in Fig.5;

Fig.8 illustrates an optical relay transmission system according to the third embodiment of the present invention;

Fig.9 shows the structure of one of the two types of optical direct amplifier repeaters shown in Fig.8;

Fig.10 illustrates an optical relay transmission system according to the third embodiment of the present invention;

Fig.11 shows the structure of another type of optical direct amplifier repeater according to the present invention;

Fig.12 illustrates a method of monitoring the gains of optical direct amplifier repeaters according to the present invention;

Fig.13 illustrates the conventional optical relay transmission system;

Fig.14 shows the structure of the conventional optical relay transmission system; and

Fig.15 is a spectral chart for pilot signals for an optical signal sent from a terminal station shown in Fig.13.

1, 2 ... Terminal station

1a, 2a ... Pilot signal generating means

3 ... Optical fiber

16a-16n, 31 ... Band pass filter

10A-10N, 30A-30N, 40 ... Optical direct amplifier repeater

19 ... Gain control means

21a ... D/A conversion means

Applicant: Fujitsu Ltd.

Agent: Akira Matsumoto

Fig.1

	本発明の原理図	Principle of the Invention
1,2	端局	Terminal Station
1a, 2a	パイロット信号発生手段	Pilot signal generating means
3	光ファイバ	Optical fiber
10A-10N	光直接増幅中継器	Optical direct amplifier repeater
16A-16N	バンドパスフィルタ	Band pass filter

Fig.2

	第1実施例による光中継伝送方式の図	Optical relay transmission system (first embodiment)
1,2	端局	Terminal station

Fig.3

	第2図に示す光直接増幅中継器の構成図	Structure of the optical direct amplifier repeater shown in Fig.2
11	合波器	Multiplexer
12	光カプラ	Optical coupler
14	分岐器	Demultiplexer
15	O/E変換回路	O/E conversion circuit
16a-16n	第1BPF	First BPF
17	第2BPF	Second BPF
18	第3BPF	Third BPF
19	APC回路	APC circuit
20	AGC回路	AGC circuit
21	監視系信号処理演算回路	Supervisory signal processing circuit
22a	ポンピング用LD (N)	Pumping LD (N)
22b	LD駆動回路	LD drive circuit
23a	ポンピング用LD (E)	Pumping LD (E)
23b	LD駆動回路	LD drive circuit

Fig.4

スペクトル図	Spectral chart
主信号	Main signal

Fig.5

第2実施例による光中継伝送方式の図	Optical relay transmission system (second embodiment)
1,2 端局	Terminal station

Fig.6

	第5図に示す光直接増幅中継器の構成図	Structure of the optical direct amplifier repeater shown in Fig.5
11	合波器	Multiplexer
12	光カプラ	Optical coupler
14	分岐器	Demultiplexer
15	O/E変換回路	O/E conversion circuit
16a-16n	第1BPF	First BPF
17	第2BPF	Second BPF
18	第3BPF	Third BPF
19	APC回路	APC circuit
20	AGC回路	AGC circuit
21	監視系信号処理演算回路	Supervisory signal processing circuit
22a	ポンピング用LD (N)	Pumping LD (N)
22b	LD駆動回路	LD drive circuit
23a	ポンピング用LD (E)	Pumping LD (E)
23b	LD駆動回路	LD drive circuit

Fig.7

スペクトル図	Spectral chart
主信号	Main signal

Fig.8

第3実施例による光中継伝送方式の図	Optical relay transmission system (third embodiment)
1,2 端局	Terminal station

Fig.9

	第8図に示す光直接増幅中継器の構成図	Structure of the optical direct amplifier repeater shown in Fig.8
11	合波器	Multiplexer
12	光カプラ	Optical coupler
14	分岐器	Demultiplexer
15	O/E 変換回路	O/E conversion circuit
31	第4BPF	Fourth BPF
17	第2BPF	Second BPF
18	第3BPF	Third BPF
19	APC 回路	APC circuit
20	AGC 回路	AGC circuit
21	監視系信号処理演算回路	Supervisory signal processing circuit
22a	ポンピング用 LD (N)	Pumping LD (N)
22b	LD 駆動回路	LD drive circuit
23a	ポンピング用 LD (E)	Pumping LD (E)
23b	LD 駆動回路	LD drive circuit

Fig.10

第3実施例による光中継伝送方式の図	Optical relay transmission system (third embodiment)
1,2 端局	Terminal station

Fig.11

	光直接増幅中継器の構成図	Structure of an optical direct amplifier repeater
11	合波器	Multiplexer
12	光カプラ	Optical coupler
14	分岐器	Demultiplexer
15	O/E 変換回路	O/E conversion circuit
16a-16n	第 1BPF	First BPF
17	第 2BPF	Second BPF
18	第 3BPF	Third BPF
20	AGC 回路	AGC circuit
22a	ポンピング用 LD (N)	Pumping LD (N)
22b	LD 駆動回路	LD drive circuit
23a	ポンピング用 LD (E)	Pumping LD (E)
23b	LD 駆動回路	LD drive circuit

Fig.12

ゲインのモニタリング方法を説明する為の図	Gain monitoring method
50 モニタ	Monitor
LD 駆動回路	LD drive circuit
ポンピング用 LD	Pumping LD

Fig.13

従来の光中継伝送方式の図	Conventional optical relay transmission system
1,2 端局	Terminal station

Fig.14

	従来の光中継伝送方式の図	Conventional optical relay transmission system
11	合波器	Multiplexer
12	光カプラ	Optical coupler
14	分岐器	Demultiplexer
15	O/E 変換回路	O/E conversion circuit
16a-16n	第 1BPF	First BPF
17	第 2BPF	Second BPF
18	第 3BPF	Third BPF
19	APC 回路	APC circuit
20	AGC 回路	AGC circuit
21	監視系信号処理演算回路	Supervisory signal processing circuit
22a	ポンピング用 LD (N)	Pumping LD (N)
22b	LD 駆動回路	LD drive circuit
23a	ポンピング用 LD (E)	Pumping LD (E)
23b	LD 駆動回路	LD drive circuit

Fig.15

スペクトル図	Spectral chart
主信号	Main signal